

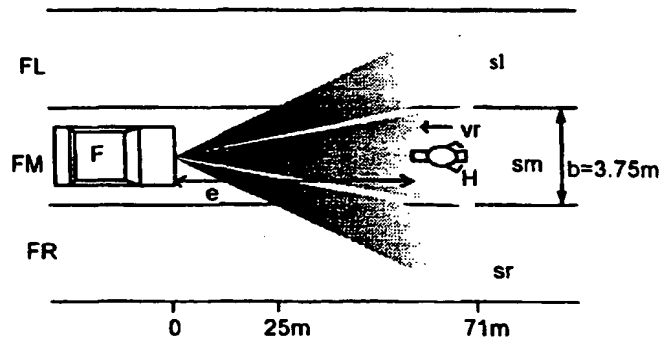


PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01S 13/93, 13/34		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/14939
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. Juni 1995 (01.06.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE94/01382		(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 23. November 1994 (23.11.94)			
(30) Prioritätsdaten: P 43 39 920.7 23. November 1993 (23.11.93) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HÖSS, Alfred [DE/DE]; Schöndorfer Strasse 4, D-92363 Hamburg (DE). SCHINDLER, Wolfgang [DE/DE]; Friedrich-Ebert- Strasse 27, D-93051 Regensbrugg (DE).			

(54) Title: RADAR PROCESS AND DEVICE FOR CARRYING OUT SAID PROCESS

(54) Bezeichnung: RADARVERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS



(57) Abstract

A radar process and a device for carrying out said process are disclosed. After filtering through a Kalman filter and eliminating target objects having a physically impossible behaviour (tracking and prediction), on the basis of the detected values e (distance), v_r (relative speed) and a_r (relative acceleration), as well as of the azimuth angle of each target object, is estimated whether and which target objects are on one's lane and one determines which target objects are most dangerous. Depending on the driving behaviour of the driver, road and weather conditions, indicator, warning or intervention thresholds are determined. When distance e , relative speed v_r and relative acceleration a_r of the target objects exceed or fall below said thresholds, indicator, warning or intervention signals (at the vehicle brakes, throttle valve or shift gear) are generated.

(57) Zusammenfassung

Radarverfahren und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens, wobei aus den ermittelten Größen Entfernung e , Relativgeschwindigkeit v_r und Relativbeschleunigung b_r nach Kalman-Filterung und Ausscheiden von Zielobjekten mit physikalisch nicht möglichem Verhalten (Tracking und Prädiktion) sowie der Azimutwinkel jedes Zielobjekts abgeschätzt wird, und daraus ermittelt wird, welche Zielobjekte sich auf der eigenen Fahrbahn befinden und welche die gefährlichsten davon sind, und abhängig vom Fahrverhalten des Fahrers, Straßen- und Wetterbedingungen Anzeige-, Warn- oder Eingreifschwellen ermittelt werden und bei Über- oder Unterschreiten dieser Schwellen durch Entfernung e , Relativgeschwindigkeit v_r und Relativbeschleunigung b_r der Zielobjekte Anzeige-, Warn- oder Eingreifsignale (in Bremsen, Drosselklappe oder Getriebschaltung des Fahrzeuges) erfolgen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Beschreibung

Radarverfahren und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Radarverfahren, insbesondere für Straßenfahrzeuge, gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens gemäß Oberbegriff von Anspruch 15.

10

Ein solches Radarverfahren, insbesondere für Straßenfahrzeuge, und eine Vorrichtung (Radargerät) zur Durchführung dieses Verfahrens ist in der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung PCT/EP 9403646 beschrieben (im folgenden als

15 "vorbekanntes Verfahren" bezeichnet) und bildet die Grundlage für die vorliegende Erfindung. Es handelt sich dabei um ein kostengünstiges FMCW-Radargerät mit einem digitalen Signalprozessor, welcher über einen Oszillator wenigstens eine Antenne steuert und aus dreieckförmig modulierten Sende- und
20 Empfangssignalen ein Mischsignal erzeugt, welches je Modulationsphase (auf oder ab) jedes Meßzyklus einer schnellen Fouriertransformation unterworfen wird, um aus den ermittelten Maxima jedem Zielobjekt zugeordnete Objektfrequenzen zu erhalten, aus denen über mehrere Meßzyklen zurückreichende Objektbahnen gebildet werden, die zur Bildung von Schätzwerten
25 für die im nächsten Meßzyklus zu erwartenden Meßwerte der Objektfrequenzen herangezogen werden, wobei die zueinandergehörenden Objektfrequenzen $f_u = |f_r - f_v|$ und $f_d = |f_r + f_v|$ beider Modulationsphasen eines Meßzyklus ermittelt und aus
30 ihnen in bekannter Weise Abstand $e \sim |f_u + f_d|$ und Relativgeschwindigkeit $v_r \sim |f_u - f_d|$ jedes Zielobjekts bestimmt werden.

FMCW-Radarverfahren sind allgemein bekannt, zum Beispiel aus

35 - E. Baur, Einführung in die Radartechnik / Studienskripten, Teubner, 1. Auflage, Stuttgart 1985, Seiten 124 bis 133; sowie aus

- DE-A1-25 14 858.
- DE-A1-29 00 825 und
- DE-A1-40 40 572;

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Vorrichtung aus der DE-A1-29 00 825 weiter zu verbessern.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

10

Figur 1 ein Fahrzeug auf einer dreispurigen Fahrbahn,
Figur 2 ein schematisches Schaltbild des Radargerätes,
Figur 3 ein Beispiel für zwei gleiche Modulationszyklen pro Meßphase,

- 15 Figur 4 ein Beispiel für zwei unterschiedliche Modulationszyklen pro Meßphase, und
Figur 5 ein alternatives Schaltbild des Radargerätes.

- Ein Ausführungsbeispiel nach Figur 1 zeigt ein mit einem Radargerät ausgestattetes Fahrzeug F während seiner Fahrt auf der mittleren Fahrbahn FM einer in Fahrtrichtung dreispurigen Fahrbahn FR, FM, FL. Jede Fahrbahn ist hier beispielsweise 3,75 m breit. Das Radargerät weist drei nach vorne gerichtete Radarstrahlen sr, sm, sl mit seitlich etwas gegeneinander versetzten Strahlrichtungen auf. Im gezeigten Beispiel bestrahlt das dreistrahlige System in einer Entfernung von ca. 25 m bereits die gesamte eigene Fahrbahn FM. Beispielsweise in rund 70 m Entfernung erfaßt jeder der drei Strahlen jeweils eine Fahrbahn in angenähert voller Breite: der Strahl sm die eigene Fahrbahn FM, und die seitlichen Strahlen sl, sr die rechte und linke Nachbarmfahrbahn FR und FL.
- 20
25
30

- Es werden gleichzeitig alle drei Fahrbahnen selektiv in einem wichtigen Entfernungsbereich überwacht. Die Strahlenbreite in vertikaler Richtung beträgt z.B. ca. 5°, um bei Fahrten über Kuppen oder durch Senken vorausfahrende Objekte H nicht zu verlieren. In dem gezeigten Beispiel beträgt die minimale
- 35

Reichweite des Radargerätes z.B. ca. 1m, sowie die maximale Reichweite z.B. rund 150m, obwohl die Figur 1 für die drei Strahlen sr, sm, sl nur eine Reichweite von jeweils ca. 75 m zeigt.

5

Das Radargerät nach Figur 2 dient zur Ermittlung der Entfernung e und der Relativgeschwindigkeit vr zwischen dem fahrenden Fahrzeug F und vorausfahrenden Objekten H. Zu beachten ist, daß die Relativgeschwindigkeit vr negativ ist, wenn sich der Abstand e zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt H verkleinert.

Bei einem konkreten Ausführungsbeispiel eines FMCW-Radarverfahrens und -gerätes gemäß der Erfindung (Figuren 1 und 2) mit drei gegeneinander versetzten und zyklisch nacheinander gesendeten Radarstrahlen sm, sr, sl beträgt:

- * die Breite jedes einzelnen der drei Strahlen horizontal $3,0^\circ \pm 0,5^\circ$ und vertikal $5,0^\circ \pm 1,0^\circ$,
- * der Winkel zwischen den Zentren benachbarter Keulen $3,3^\circ \pm 0,5^\circ$,
- * die minimale Reichweite ca 1m,
- * die maximale Reichweite gegen 200m,
- * die Genauigkeit der errechneten Objektentfernungen $< \pm 1m$
- * und die Geschwindigkeitsauflösung $< \pm 2,7km/h$
- 25 * bei 77GHz Trägerfrequenz fo sowie 220MHz Modulationshub, jeweils durchlaufen in ca. 3ms pro Modulationsphase, bei einer Meßzyklusdauer von etwa 13ms.

Eine noch bessere Unterdrückung von Fehlalarmen läßt sich mit einem beispielsweise fünfstrahligen Radar ohne höhere Prozessoranforderungen erreichen, wobei die fünf Strahlen ll (links außen), l (links), m (mitte), r (rechts), rr (rechts außen) zyklisch, beispielsweise in der Folge m-ll-rr-m-l-r u.s.w., gesendet bzw. empfangen werden.

35

Ein digitaler Signalprozessor CPU sendet ein digitales Modulationssignal msd, welches in einem D/A-Wandler eines Inter-

face-Bausteins ADI zu einem analogen, dreieckförmigen Modulationssignal m_s umgewandelt und dem Sender S zugeleitet wird. Der Sender S dient zur Abstrahlung von modulierten Radarstrahlen s_r , s_m , s_l .

5

Die vom Empfänger E empfangenen Echosignale r_s werden nach Digitalisierung im A/D-Wandler des Interface-Bausteins ADI als digitale Daten r_{sd} dem Signalprozessor CPU zugeleitet und in ihm gemäß dem vorbekannten Verfahren zu den Größen Entfernung e und Relativgeschwindigkeit v_r für jedes Zielobjekt verarbeitet. Der Signalprozessor CPU führt sämtliche Berechnungen für das Verfahren durch, insbesondere auch die schnellen digitalen Fourier-Transformationen FFT nach dem vorbekannten Verfahren zur Ermittlung der in den daraus erhaltenen
10 Spektren enthaltenen Maxima und der diesen zugeordneten Objektfrequenzen f_u und f_d . Diese Spektren enthalten Rauschanteile, aus denen erfindungsgemäß Mittelwerte gebildet werden, die von den Amplituden dieses Spektrums subtrahiert werden. Es wird anschließend ein über dem verbliebenen Rauschsignal
15 liegender Grenzwert festgelegt, so daß alle Maxima des Spektrums, die oberhalb dieses Grenzwertes liegen, als einem Zielobjekt zugeordnete Maxima und nicht als Rauschwerte zu
20 werten sind.

25 Der Signalprozessor CPU kann zusätzlich mittels Signalen s von Sensoren SE aus einem übergeordneten System des Fahrzeuges F, z.B. über ein Sensorinterface SI, Daten empfangen, z.B. Daten über die aktuelle Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges F und über den Einschlagwinkel seiner lenkbaren Vorderräder bzw. deren Raddrehzahlen. Über weitere Sensoren oder vom
30 Fahrer zu betätigende Schalter und das Sensorinterface SI kann der Signalprozessor CPU z.B. auch sonstige Zustandsdaten der Fahrbahn FM wie trocken, naß, u.s.w. sowie Wetter- und Sichtverhältnisse oder sonstige Daten abfragen, um sie bei
35 der Auswertung der empfangenen Radarechos und der Bestimmung der Anzeige- und Warnschwellen mit zu berücksichtigen, oder auch bei der automatischen Ermittlung des Bremsweges und bei

der Bewertung, wie gefährlich ein ermitteltes Zielobjekt H ist.

Der Signalprozessor CPU kann zusätzlich über eine Interface-
5 einheit IS mit anderen Aggregaten des Fahrzeuges F in Verbindung treten (z.B. mit den Bremsen oder der Drosselklappe, um bei zu starker Verringerung oder Vergrößerung der errechneten Entfernung oder bei zu starker Änderung der Relativgeschwindigkeit zum vorausfahrenden Zielobjekt automatisch die Geschwindigkeit des Fahrzeuges F zu reduzieren oder zu erhöhen
10 - automatisch gesteuerte Kolonnenfahrt).

Der Signalprozessor CPU kann zusätzlich direkt zum Sender oder zum Empfänger digitale Steuersignale cs senden, die z.B.
15 zur Umschaltung von einem Radarstrahl auf die anderen Strahlen dienen können. Ebenso können auch Signale fu, z.B. Fehlermeldungen, Meldungen über Verschmutzung der Sende/Empfangsantenne (= Aufforderung zur automatischen oder manuellen Reinigung der Radarantennen-Abdeckung), usw., vom Sender S
20 oder vom Empfänger E oder von ihnen zugeordneten Sensoren direkt zum Signalprozessor CPU gemeldet werden.

Anschließend an eine Auswertung kann der Signalprozessor CPU zumindest einzelnen der ermittelten Zielobjekte H zugeordnete
25 Signale über eine optische oder akustische Warneinrichtung OW, AW auslösen. Zusätzlich können auch, z.B. durch Spiegeln in die Frontscheibe, Hinweise auf solche Objekte H eingeblendet werden. Es können auch einzelne Daten in einer Einheit REG registriert werden, z.B. in einem Unfalldatenschreiber.

30 Wenn das Speichern der empfangenen Echosignale und deren Verarbeitung im selben Signalprozessor nacheinander zyklisch erfolgen, werden schnelle und damit kostenintensive Prozessoren benötigt. Um preiswertere Prozessoren einsetzen zu können,
35 kann, wie in Figur 5 dargestellt, die Zwischenspeicherung der empfangenen Radarecho-Signale rsd ebenso wie die der vom Signalprozessor ausgegebenen Modulationssignale msd in Puffer-

speichern RMEM, TMEM erfolgen und die Datenverarbeitung im Signalprozessor CPU (Slave) durchgeführt werden, der durch einen Controller CON (Master) von Datenaufnahme, Transfer zum übergeordneten System, Übernahme von Steuerdaten, der Triggierung der Adresslogik (Start des Meßzyklus), der Adresslogik selbst und ggf. auch von der Steuerung der Sende/Empfangsanlage und des Display-Interface entlastet wird.

Zusätzlich können sich Controller CON und Signalprozessor CPU gegenseitig überwachen und kann der Controller die Steuerung der Eigendiagnose des Radargerätes, wie noch erläutert, übernehmen.

Mit zwei Prozessoren darf die Datenauswertung der im vorhergehenden Meßzyklus aufgenommenen Daten nahezu die gesamte Dauer eines Meßzyklus betragen, vermindert lediglich um eine kurze Übertragungsdauer der Daten vom Pufferspeicher zum Verarbeitungsprozessor). Die Trennung bewirkt zwar einen etwas höheren Hardwareaufwand durch die zusätzlichen Pufferspeicher und den weiteren Controller, verringert aber die hohen Anforderungen an den Verarbeitungsprozessor (digitaler Signalprozessor). Das erlaubt zudem bei gleicher Rechenleistung die Implementierung weiterer, zusätzlicher Funktionen wie Abstandswarnung, intelligente Fahrgeschwindigkeitsregelung u.s.w.

Ein einzelner Meßzyklus *mez* pro Radarstrahl umfaßt gemäß dem vorbekannten Verfahren einen einzigen Modulationszyklus und, daran anschließend, eine Auswertepause. Er kann jedoch erfindungsgemäß auch mehrere solcher aufeinanderfolgender Modulationszyklen *moz* umfassen, z.B. drei oder fünf Modulationszyklen. Die einzelnen Modulationszyklen *moz* können unterschiedliche Dauern und unterschiedliche Flankensteilheiten im Frequenz-Zeit-Diagramm aufweisen, vgl. die Figuren 3 und 4. In diesen Figuren wurde beispielsweise angenommen, daß die Modulationshübe für Aufwärts- und Abwärts-Modulationsphase *up* und *do* jeweils konstant sind.

Die Signalform gemäß Figur 4 mit unterschiedlichen Modulationsdauern m_{oz1} , m_{oz2} gestattet zusätzlich, Spiegelfrequenzen (bei langsamen Modulationsraten df/dt können rechnerisch-theoretisch in der Formel $f_d = |f_r - f_v|$ negative Frequenzen f_v entstehen, die, als positive Frequenzen gespiegelt, Mehrdeutigkeiten verursachen) dadurch zu eliminieren, daß im Nahbereich (z.B. bevorzugt 0 m bis 40 m), in welchem bei langsamen Modulationszyklen solche Spiegelfrequenzen auftreten können, mit einem schnelleren Modulationszyklus m_{oz1} vermessen wird, z.B. mit einer Anstiegszeit von 0.75ms (wodurch sich die Frequenzen f_r und f_v nach oben verschieben und negative Frequenzen f_v nicht auftreten), während der Fernbereich mit einer langsameren Anstiegszeit von z.B. 3ms vermessen wird. Aufgrund der im schnelleren Modulationszyklus im Nahbereich gewonnenen Informationen können durch Spiegelfrequenzen verursachte Mehrdeutigkeiten in den langsamen Modulationszyklen m_{oz2} für diesen Bereich eliminiert werden.

Bei mehreren Modulationszyklen je Meßzyklus wird für die Bildung der Objektfrequenzen f_u und f_d - siehe vorbekanntes Verfahren - ein Mittelwert aus den entsprechenden Werten aller n Modulationszyklen dieses Meßzyklus verwendet.

Die so ermittelten Werte für Entfernung e und Relativgeschwindigkeit v_r jedes Zielobjekts H bilden die "Rohdaten" für den weiteren Verfahrensablauf.

In einem Datensatz für jedes Zielobjekt sind wenigstens folgende Parameter enthalten, die, soweit sie nicht konstant sind, nach jedem Meßzyklus aktualisiert werden und, soweit noch nicht bekannt, anschließend erläutert werden: Entfernung, Relativgeschwindigkeit, relative Beschleunigung, Amplitude (der zugehörigen Maxima im FFT-Spektrum), gewählter Sicherheitsabstand, Trackingzeit bzw. Trackingzähler, Prädiktionszeit bzw. Prädiktionszähler sowie Objektstatus (z.B. Zielobjekt detektiert, aber noch nicht zuverlässig gültig, gültig, gefährlich, weniger gefährlich, ungefährlich).

Die Trackingzeit bzw. der Trackingzähler eines Zielobjektes stellt ein Maß für die bisherige Verfolgungsdauer (in Zeit oder Zahl der Meßzyklen) dar, die aber begrenzt sein kann.

- 5 Die Prädiktionszeit bzw. der Prädiktionszähler kennzeichnet die Dauer der Prognose (in Zeit oder Zahl der Meßzyklen) über das weitere Verhalten des verfolgten Objekts, welches z.B. wegen Abschirmungen (durch ein dicht vor dem Fahrzeug F fahrendes anderes großes Objekt) für das Radarsystem vorübergehend scheinbar verschwunden sein kann und deshalb (seit einigen Meßzyklen) nicht mehr detektiert, sondern prädiktioniert wird. Prädiktionszeit bzw. Prädiktionszähler können ebenfalls begrenzt sein.
- 10
- 15 Entfernung e , Relativgeschwindigkeit v_r und relative Beschleunigung b_r der ermittelten Zielobjekte H werden anschließend einem an sich bekannten Kalman-Filter (oder ebenfalls bekannten α - β - bzw. α - β - γ -Filtern) zugeführt und gefiltert (bereinigt).
- 20
- Mit den bereinigten Daten e , v_r und b_r werden nun für jedes Zielobjekt H , analog zur Bildung der Bahnen der Objektfrequenzen f_u und f_d bei dem vorbekannten Verfahren, ebenfalls Zielobjektbahnen gebildet und die Zielobjekte laufend über
- 25 einen vorgegebenen Zeitraum verfolgt (Tracking), auf physikalisch mögliches Verhalten überprüft, und bei Ausbleiben von Meßdaten über einen vorgegebenen Zeitraum aufgrund des bisherigen Verhaltens Schätzwerte gebildet (Prädiktion). Wenn ein Zielobjekt nach Ablauf der Prädiktionszeit nicht wieder erscheint oder sich "physikalisch unmöglich" verhält, wird der
- 30 entsprechende Datensatz gelöscht.

- Aus den bereinigten Daten sowie aus Amplituden der Objektfrequenzen und Strahlnummer (bei drei Strahlen: mitte, links,
- 35 rechts) der Azimutwinkel (horizontale Abweichung von der Fahrzeuglängsachse) abgeschätzt und auf besonders einfache,

wenig aufwendige Weise die verfolgten Ziele störungsarm gewichtet werden.

Mittels bekannter mathematischer bzw. geometrischer Zusammenhänge wird zumindest aus den Zielobjektdaten Abstand e , Relativgeschwindigkeit v_r , Beschleunigung b_r und Azimutwinkel sowie Geschwindigkeit und Kurvenradius des eigenen Fahrzeuges festgestellt, welche Zielobjekte sich auf der eigenen Fahrbahn befinden und werden die kritischen Zielobjekte und das gefährlichste Zielobjekt auf der eigenen Fahrbahn ermittelt.

In einem weiteren Schritt wird aus den durch den Fahrer ausgelösten Lenkbewegungen (d/dt), Beschleunigungen und Bremsverzögerungen adaptiv auf den Fahrstil geschlossen. Dem entsprechend werden Anzeige-, Warn- und ggf. Eingreif-Schwellen für Abstand e , Relativgeschwindigkeit v_r und Beschleunigung b_r gebildet, mit denen die Daten der gefährlichsten Zielobjekte verglichen werden. Bei Überschreiten bzw. Unterschreiten dieser Schwellen werden entsprechende Anzeigen oder Warnsignale ausgelöst bzw. Bremsen, Motor-Drosselklappe oder Getriebebeschaltung betätigt.

Beim Start des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Radargerät zunächst initialisiert, indem alle gespeicherten Datensätze gelöscht werden (die Zielobjekte betreffen, welche vor dem letzten Abschalten des Radargerätes verfolgt wurden). Die Initialisierungsroutine kann zusätzlich die Funktionstüchtigkeit des Radargerätes überprüfen: sie kann z.B. über die Größe des Rauschpegels in den Radarsignalen (Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten) die Funktion des Radar-Frontends (Analogteils) überprüfen, sie kann ein simuliertes Objekt am Empfangsantennen-Eingang einspeisen und die Korrektheit der Verarbeitung des simulierten Signals prüfen. Sie kann auch, falls eine Fehlfunktion auftritt, diese Fehlfunktion über eine Warnlampe dem Fahrer anzeigen oder eine Reinigung der Radarantennen-Abdeckung bei deren Verschmutzung anfordern oder automatisch auslösen. - Es ist von Vorteil, wenn die Funkti-

10

onstüchtigkeit des Radargerätes auch während des laufenden Betriebes in regelmäßigen Abständen überprüft wird.

5

Patentansprüche

1. Radarverfahren, insbesondere für Straßenfahrzeuge, mit wenigstens einem Radarstrahl (Keule), bei welchem fortlaufend in aufeinanderfolgenden Meßzyklen pro Radarstrahl- wobei jeder Meßzyklus aus einem Modulationszyklus aus einer aufsteigenden und einer absteigenden Modulationsphase des Radarsignals und einer anschließenden Auswertepause für die empfangenen Echosignale besteht - in einem digitalen Signalprozessor (CPU) die in jedem Modulationszyklus (moz) während der beiden Modulationsphasen (up, do) empfangenen, digitalisierten und aufgezeichneten Abtastwerte der aus Sende- und Empfangssignalen gebildeten Mischsignale getrennt einer schnellen Fouriertransformation (FFT) unterzogen werden, um aus den in den daraus ermittelten Frequenzspektren enthaltenen Maxima den Zielobjekten zugeordnete Objektfrequenzen (f_u, f_d) pro Meßzyklus zu bestimmen,
- wobei aus den über einige Meßzyklen gespeicherten Objektfrequenzen für jedes Zielobjekt, nach aufsteigenden und absteigenden Modulationsphasen getrennt, Objektbahnen gebildet werden, die den bisherigen zeitlichen Verlauf dieser Objektfrequenzen beschreiben,
- wobei aus dem bisherigen Verlauf dieser Objektbahnen Schätzwerte für die im nächsten Meßzyklus zu erwartenden Objektfrequenzen gebildet werden, und
- wobei nach Berechnung eines Fehlermaßes aus den Objektfrequenzen und aus den von den Objektbahnen erhaltenen Schätzwerten die Objektfrequenz-Paare (f_u, f_d) mit dem jeweils geringsten Fehlermaß einander zugeordnet werden, und wobei aus diesen Paaren die richtigen Werte für Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (v_r) und Relativbeschleunigung (b_r) jedes Zielobjekts (H) berechnet werden,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß für jedes Zielobjekt (H) ein Datensatz angelegt und gespeichert wird, der wenigstens folgende Daten enthält:
Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (v_r), relative Be-

schleunigung (br), Amplitude (der zugehörigen Maxima im FFT-Spektrum), gewählter Sicherheitsabstand, Trackingzeit bzw. Trackingzähler, Prädiktionszeit bzw. Prädiktionszähler sowie Objektstatus,

- 5 daß die Daten Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (vr) und relative Beschleunigung (br) einer Kalman-Filterung oder α - β - bzw. α - β - γ -Filterung unterzogen und damit bereinigt werden, daß für jedes Zielobjekt (H) für Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (vr) und relative Beschleunigung (br) Zielobjektbahnen gebildet und Zielobjekte mit physikalisch nicht
- 10 möglichem Verhalten oder verschwindende Zielobjekte nicht weiter verfolgt werden, daß aus Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (vr) und relativer Beschleunigung (br), Amplituden der Objektfrequenzen
- 15 und Strahlnummer (l, m, r bzw. ll, l, m, r, rr) der Azimutwinkel jedes Zielobjekts (H) abgeschätzt wird, daß zumindest aus den Zielobjektdaten Abstand (e), Relativgeschwindigkeit (vr), Relativbeschleunigung (br) und Azimutwinkel jedes Zielobjekts (H) sowie Geschwindigkeit und Kurvenradius des eigenen Fahrzeuges (F) festgestellt wird, welche
- 20 Zielobjekte sich auf der eigenen Fahrbahn befinden und daraus wenigstens das gefährlichste Zielobjekt auf der eigenen Fahrbahn ermittelt wird, und daß Anzeige-, Warn- und Eingreifschwelen für Abstand (e),
- 25 Relativgeschwindigkeit (vr) und Relativbeschleunigung (br) oder Kombinationen davon vorgegeben werden, bei deren Über- oder Unterschreiten Anzeigen und Warnungen für den Fahrer oder Eingriffe in Bremsen, Motordrosselklappe oder Getriebeschaltung des Fahrzeuges (F) erfolgen.

30

2. Radarverfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß aus dem Rauschanteil des bei jeder Fouriertransformation

- 35 (FFT) gebildeten Frequenzspektrums Mittelwerte gebildet werden, daß diese Mittelwerte von den Amplituden des Frequenzspektrums subtrahiert werden, daß eine über dem verbleibenden

Rauschpegel liegende Schwelle vorgegeben wird, und daß alle oberhalb dieser Schwelle liegenden Maxima nicht als Rauschen, sondern als Zielobjekten zugeordnet weiterverarbeitet werden.

3. Radarverfahren nach Anspruch 1,

- 5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß in jedem Meßzyklus (mez) wenigstens zwei Modulationszyklen (moz1, moz2) durchgeführt werden, und daß die Mittelwerte der aus diesen Modulationszyklen errechneten Objektfrequenzen als Objektfrequenzen (fu, fd) dieses Meßzyklus weiterverarbeitet werden.

4. Radarverfahren nach Anspruch 3,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 daß die Modulationszyklen (moz1, moz2) pro Meßzyklus (mez) unterschiedlichen Modulationshub oder unterschiedliche Modulationsdauer aufweisen.

20 5. Radarverfahren nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß für jedes Zielobjekt (H) ein Datensatz angelegt und gespeichert wird, der wenigstens folgende Daten enthält, die, soweit sie nicht konstant sind, nach jedem Meßzyklus aktualisiert werden:
25 Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (vr), relative Beschleunigung (br), Amplitude (der zugehörigen Maxima im FFT-Spektrum), gewählter Sicherheitsabstand, Trackingzeit bzw. Trackingzähler, Prädiktionszeit bzw. Prädiktionszähler, sowie
30 Objektstatus.

6. Radarverfahren nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
35 daß Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (vr) und relative Beschleunigung (br) der ermittelten Zielobjekte (H) in jedem

Meßzyklus einem Kalman-Filter oder α - β - bzw. α - β - γ -Filtern zugeführt und dort gefiltert - bereinigt - werden.

- 5 7. Radarverfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß aus den bereinigten Daten (e, vr, br) jedes Zielobjekts
über eine vorgegebene Zeit oder Anzahl von Meßzyklen (mez)
Zielobjektbahnen gebildet werden (Tracking), daß bei Ausblei-
10 ben von Meßdaten Schätzwerte aufgrund des bisherigen Verhal-
tens des Zielobjekts über eine vorgegebene Zeit oder Anzahl
von Meßzyklen (mez) gebildet werden (Prädiktion), und daß bei
einem physikalisch nicht möglichen Verhalten oder bei Aus-
bleiben von Meßdaten über die vorgegebene Prädiktionszeit
15 hinaus der Datensatz dieses Zielobjekts gelöscht wird.

8. Radarverfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 daß aus den bereinigten Daten (e, vr, br), aus den Amplituden
der Objektfrequenzen und der Strahlnummer (sl, sm, sr) jedes
Zielobjekts (H) der Azimutwinkel (horizontale Abweichung des
Zielobjekts von der Fahrzeuglängsachse des Fahrzeuges F) er-
mittelt wird.

- 25 9. Radarverfahren nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß aus den bereinigten Daten (e, vr, br) und dem Azimutwin-
kel jedes Zielobjekts (H) sowie aus Geschwindigkeit und Kur-
30 venradius des eigenen Fahrzeuges (F) ermittelt wird, welche
Zielobjekte sich auf der Fahrbahn des Fahrzeuges (F) befinden
und welche Zielobjekte kritisch oder dem Fahrzeug (F) gefähr-
lich oder am gefährlichsten sind.

- 35 10. Radarverfahren nach Anspruch 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

15

daß aus den vom Fahrer des Fahrzeugs (F) ausgelösten Lenkbe-
wegungen (d/dt), Fahrzeugbeschleunigungen und Bremsverzöge-
rungen adaptiv auf den Fahrstil des Fahrers geschlossen wird
und dem entsprechend Anzeige-, Warn- oder Eingreif-Schwellen
5 für Entfernung (e), Relativgeschwindigkeit (v_r) und Relativ-
beschleunigung (b_r) gebildet werden, bei deren Über- oder Un-
terschreiten durch die gefährlichen oder gefährlichsten Ziel-
objekte Anzeige- oder Warnsignale ausgelöst werden oder Brem-
sen, Motordrosselklappe oder Getriebebeschaltung des Fahrzeuges
10 (F) betätigt werden.

11. Radarverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß beim Start des Radarverfahrens alle gespeicherten Daten-
sätze gelöscht werden und eine Funktionskontrolle des Radar-
gerätes durchgeführt wird, die in vorgegebenen Abständen wäh-
rend des Betriebes des Radargerätes wiederholt wird..

20 12. Radarverfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Funktionskontrolle des Radar-Frontends ein Vergleich
des Rauschpegels in den Radarsignalen (r_s , r_{sd}) mit vorgege-
25 benen Grenzwerten erfolgt.

13. Radarverfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß zur Funktionskontrolle des Radarverfahrens Signale eines
simulierten Zielobjekts in die Radarsignale (r_s) eingespeist
werden und die korrekte Verarbeitung dieser Signale überprüft
wird.

35 14. Radarverfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,

daß bei fehlerhafter Verarbeitung der simulierten Signale ein Warnsignal abgegeben wird.

- 5 15. Vorrichtung zur Durchführung des Radarverfahrens nach Anspruch 1, mit einem digitalen Signalprozessor (CPU), welcher dreieckförmige digitale Modulationssignale (msd) erzeugt, die in einem D/A-Wandler eines Interface-Bausteins (ADI) in analoge Signale (ms) umgewandelt und in einem Radar-Frontend (S-E/D) zu modulierten Radarsignalen (sr, sm, sl; ll, l, m, r, rr) verarbeitet werden, die von wenigstens einer Antenne gesendet und empfangen werden, mit Misch- und Filtermitteln zur Erzeugung von Mischsignalen (rs) aus Sende- und Empfangssignalen, die in einem A/D-Wandler des Interface-Bausteins
- 10 (ADI) in digitale Signale (rsd) umgewandelt und dem Signalprozessor (CPU) zur Weiterverarbeitung zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet ,
- daß ein Sensor-Interface (SI) vorgesehen ist, über welches dem Signalprozessor (CPU) Signale (s) zuführbar sind,
- 20 daß eine Interfaceeinheit (IS) vorgesehen ist, über welche Steuersignale des Signalprozessors (CPU) anderen Aggregaten (Bremsen, Drosselklappe, Getriebschaltung) des Fahrzeuges (F) zuführbar sind,
- daß eine Steuerleitung vom Signalprozessor (CPU) zum Radar-Frontend (S-E/D) geschaltet ist, über welche digitale Steuersignale (cs) des Signalprozessors (CPU) zur Steuerung der Sende- oder Empfangsantennen geleitet werden,
- 25 daß eine Signalleitung vom Radar-Frontend (S-E/D) zum Signalprozessor geschaltet ist, über welche digitale Fehlermeldungen (fu) oder Reinigungs-Anforderungssignale für die Radaranntenen-Abdeckung vom Radar-Frontend (S-E/D) zum Signalprozessor gemeldet werden,
- 30 daß eine optische (OW) oder akustische (AW) Anzeige- oder Warneinrichtung vorgesehen ist, welche von Steuersignalen des
- 35 Pignalprozessors (CPU) gesteuert wird, und

17

daß eine Registriereinrichtung (REG) vorgesehen ist, in welcher vom Signalprozessor (CPU) ausgegebene Daten für späteren Abruf speicherbar sind.

5

16. Vorrichtung nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die von Sensoren oder über vom Fahrer betätigte Schalter
über das Sensor-Interface (SI) dem Signalprozessor (CPU) zu-
10 geführten Signale (s) der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Ein-
schlagwinkel der lenkbaren Vorderräder oder deren Drehzahlen,
dem Fahrverhalten des Fahrers (Lenkbewegungen, Bremsverzöge-
rungen und Beschleunigungen), Fahrbahnzustand (naß, trocken,
Schnee, Eis) sowie Wetter- oder Sichtverhältnissen zugeordnet
15 sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 daß zwischen Signalprozessor (CPU) und Interface-Baustein
(ADI) für die Signale (msd, rsd) vom und zum Signalprozessor
Pufferspeicher (TMEM, RMEM) vorgesehen sind, daß ein vom Si-
gnalprozessor (CPU) getrennter Controller (CON) vorgesehen
ist, und daß der Controller (CON) die Steuerung des Radarver-
25 fahrens sowie der Funktionskontrolle übernimmt und der Si-
gnalprozessor (CPU) die Datenverarbeitung durchführt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß sich Signalprozessor (CPU) und Controller (CON) gegensei-
tig überwachen.

35 19. Vorrichtung nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das Radargerät folgende Daten aufweist:

18

- * drei oder fünf gegeneinander versetzte und zyklisch in vorgegebener Reihenfolge nacheinander gesendete Radarstrahlen (sm, sr, sl; ll, l, m, r, rr);
- * die Breite jedes einzelnen bei drei Strahlen beträgt horizontal $3,0^\circ \pm 0,5^\circ$ und vertikal $5,0^\circ \pm 1,0^\circ$;
- 5 * der Winkel zwischen den Zentren benachbarter Keulen beträgt $3,3^\circ \pm 0,5^\circ$;
- * die minimale Reichweite beträgt ca 1m;
- * die maximale Reichweite beträgt gegen 200m;
- 10 * die Genauigkeit der errechneten Objektentfernungen ist $< \pm 1\text{m}$;
- * und die Geschwindigkeitsauflösung beträgt $< \pm 2,7\text{km/h}$;
- * bei 77GHz Trägerfrequenz f_0 sowie etwa 200MHz Modulationshub, jeweils durchlaufen in ca. 0,75 ms oder 3ms pro
- 15 Modulationsphase, bei einer Meßzyklusdauer von etwa 13ms.

1/3

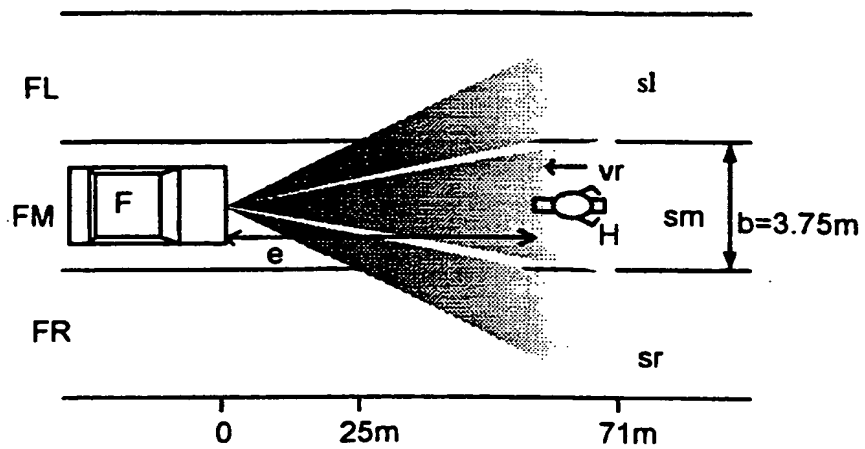


Fig 1

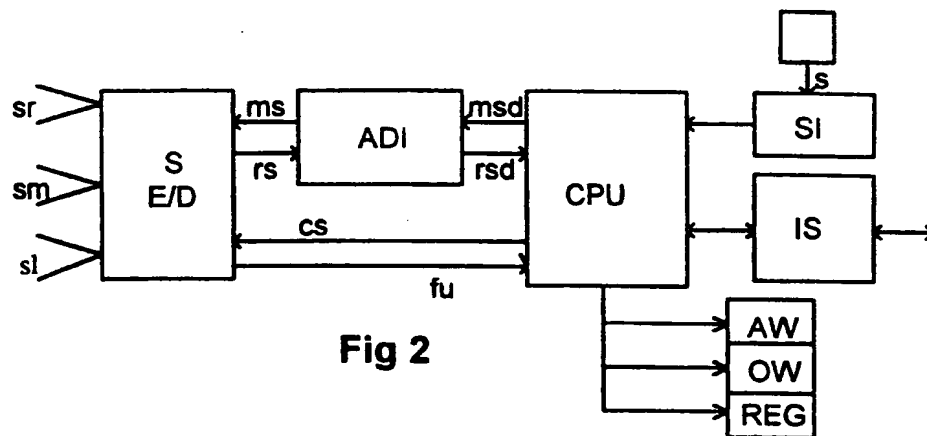


Fig 2

2/3

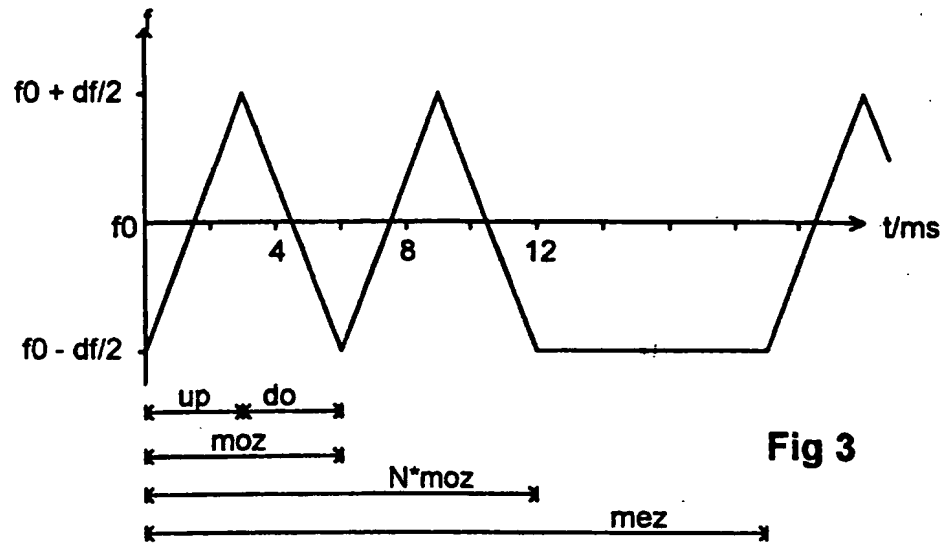


Fig 3

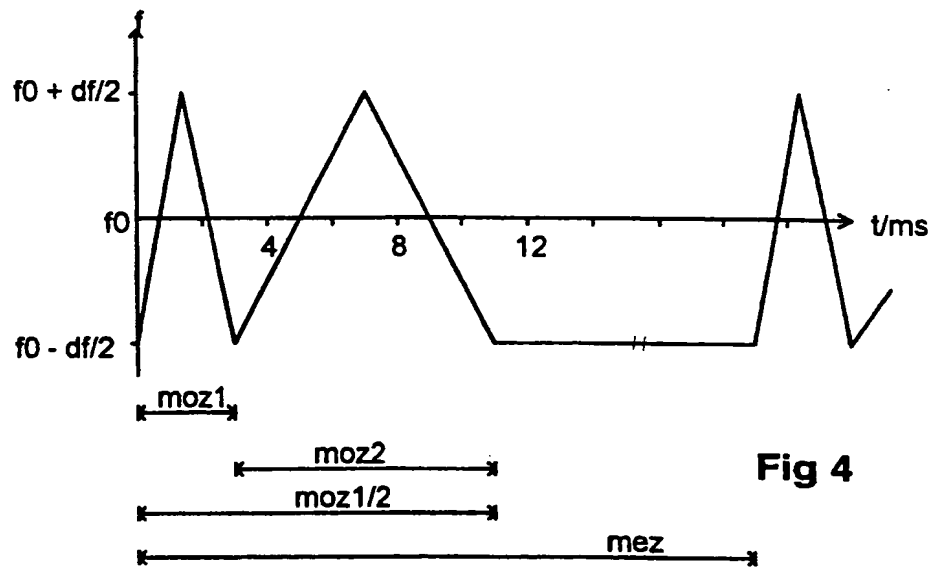


Fig 4

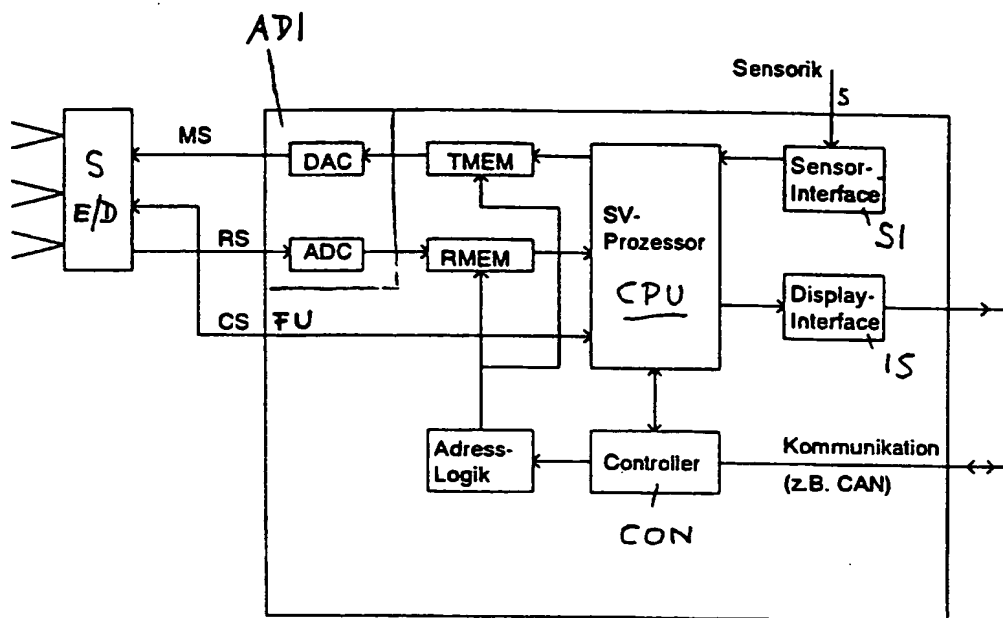


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 94/01382

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01S13/93 G01S13/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 544 468 (THE STATE OF ISRAEL) 2 June 1993 see the whole document ---	1
A	GB,A,2 172 461 (PHILIPS) 17 September 1986 see abstract see page 3 - page 5 see page 7 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 March 1995

Date of mailing of the international search report

16. 03. 95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zaccà, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nal Application No

PCT/DE 94/01382

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0544468	02-06-93	NONE	
GB-A-2172461	17-09-86	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 94/01382

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01S13/93 G01S13/34

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 544 468 (THE STATE OF ISRAEL) 2. Juni 1993 siehe das ganze Dokument ---	1
A	GB,A,2 172 461 (PHILIPS) 17. September 1986 siehe Zusammenfassung siehe Seite 3 - Seite 5 siehe Seite 7 -----	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benützung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. März 1995

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16. 03. 95

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zaccà, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 94/01382

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0544468	02-06-93	KEINE	
GB-A-2172461	17-09-86	KEINE	